

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГОРЯЧЕЙ ДЕФОРМАЦИИ СТАЛИ 20X13

Ахмедьянов Александр Маратович

Научный руководитель: д.т.н., профессор, Смирнов Михаил Анатольевич

Южно-Уральский государственный университет (НИУ) г. Челябинск

akhmedianovam@susu.ac.ru

Проведен анализ процессов горячей деформации стали 20X13. Определены температурно-деформационные интервалы протекания динамической рекристаллизации и динамического возврата. По полученным данным построена аналитическая модель, предсказывающая деформационное поведение исследуемой стали, а также карта горячей деформации с указанием областей температур и скоростей деформации, отвечающих разным механизмам динамического разупрочнения для заданной величины деформации.

подавляющее большинство сталей в процессе производства полуфабрикатов или готовых изделий подвергается горячей обработке давлением. Процессы, протекающие во время подобной обработки, могут оказывать существенное влияние на качество конечного продукта. Поэтому, для оптимизации горячей деформации необходимо уметь предсказывать поведение сталей в зависимости от температуры и скорости деформации.

В работе, с помощью физического симулятора термомеханических процессов Gleeble 3800, были изучены процессы, протекающие во время горячей деформации стали 20X13. Деформационное поведение исследуемой стали изучено при температурах 900 – 1200°C и скоростях деформации в диапазоне 0,01 – 10 с⁻¹. Результаты показывают, что форма кривых существенно зависит от температуры и скорости деформации.

При относительно низких температурах и высоких скоростях деформации процессы упрочнения сопровождаются термическими активируемыми процессами динамического возврата. В результате напряжения деформирования достигают своего максимального значения и остаются практически неизменными при дальнейшем увеличении величины деформации. При относительно высоких температурах и низких скоростях деформации на кривой наблюдается падение напряжений после достижения ими максимального значения с последующим выходом на установившуюся стадию. Такое интенсивное разупрочнение свидетельствует о протекании процессов динамической рекристаллизации, заключающейся в формировании новой зеренной структуры.

Полученные результаты находятся в полном соответствии с общепринятым представлением о том, что одновременное влияние температуры и скорости деформации на деформационное поведение

металлических материалов может быть описано параметром Зинера-Холомона (Z).

$$Z = \dot{\epsilon} \exp\left(\frac{Q}{RT}\right) \quad (1)$$

Для предсказания деформационного поведения исследуемой стали была построена математическая модель, основанная на принципах, учитывающих реальный механизм упрочнения, динамического возврата и динамической рекристаллизации.

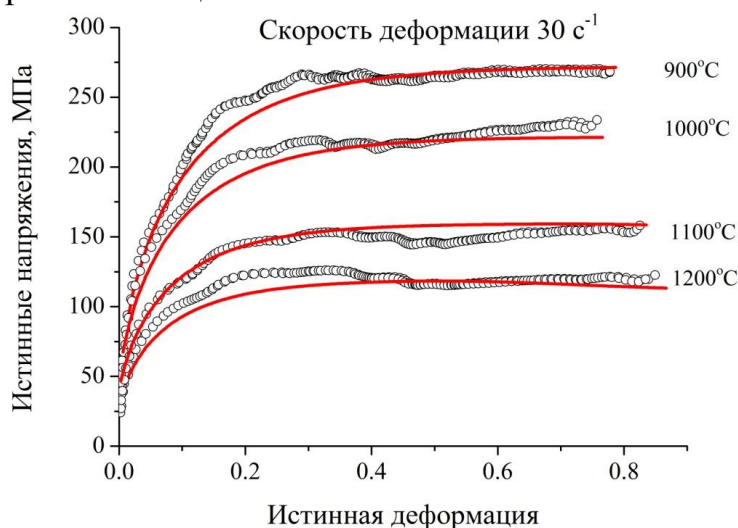


Рис.1. Экспериментальные (точки) и модельные (сплошные линии) кривые горячей деформации стали 20Х13, Скорость деформации 30 с⁻¹

Модель хорошо описывает полученные в работе кривые деформации (рис.1) и позволяет предсказывать деформационное поведение исследуемой стали при произвольных скоростях и температурах горячей деформации.

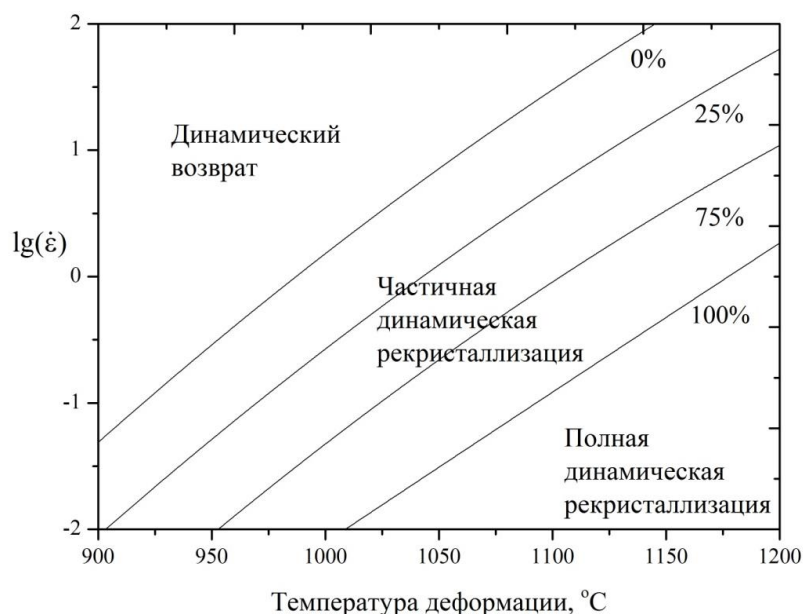


Рис. 2. Карта горячей деформации стали 20Х13 для деформации $\epsilon = 0,8$

В рамках сформулированной модели легко построить карты горячей деформации, на которых указываются области температур и скоростей деформации, отвечающие разным механизмам динамического разупрочнения для заданной величины деформации ε . Пример такого построения приведен на рис. 2 для деформации $\varepsilon = 0,8$.

$$X = 1 - \exp \left[-k \left(\frac{\varepsilon - \varepsilon_c}{\varepsilon_p} \right)^n \right]. \quad (2)$$

Контурные линии на карте деформации, отвечающие указанным под ними долям рекристаллизованного материала, построены с использованием уравнения (2), описывающим кинетику динамической рекристаллизации. Области полной и частичной динамической рекристаллизации, а также область динамического возврата хорошо согласуются с анализом кривых деформации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Sellars CM, Tegart WJ, Mc G. La relation entre la résistance et la structure dans la deformation à chaud. *Memories Scientifiques Rev. Métallurg.* 1966; 63:731-746
2. Estrin Y, Mecking H. A unified phenomenological description of work hardening and creep based on one-parameter models. *Acta Metallurgica.* 1984; 32A:57-70
3. Bergström Y, Aronsson B. The application of a dislocation model to the strain and temperature dependence of the strain hardening exponent n in the Ludwik-Hollomon relation between stress and strain in mild steels. *Metallurgical Transactions A.* 1972; 3:1951-1957.
4. Laasraoui, A. and Jonas, J. J. Prediction of steel flow stresses at high temperature and strain rates. *Metall.Trans. A*, 1991, 22, 1545–1558.